

La protection des cotonniers contre leurs ravageurs en Afrique francophone au sud du Sahara : Principe et évolution des techniques

J. Cauquil

Directeur de la Division Phytosanitaire de l'I.R.C.T., 2, rue Louis-David, 75116 Paris (France).

RÉSUMÉ

La protection des cotonniers contre leurs ravageurs en Afrique francophone au Sud du Sahara a fait un progrès spectaculaire depuis les vingt dernières années (84 % des surfaces protégées en 1983-1984).

L'évolution des techniques et les règles suivies sont exposées : matières actives insecticides, méthodes d'application, programme d'intervention, introduction de la lutte biologique, réduction du coût de la protection.

Le plan apparaît comme très satisfaisant : augmentation des rendements de coton graine (supérieur à la tonne), protection performante adaptée aux possibilités des agriculteurs, consommation limitée d'insecticides. Il s'agit d'un exemple réussi de lutte raisonnée.

MOTS CLÉS : cotonnier, insectes et acariens nuisibles, lutte chimique, lutte biologique, lutte intégrée, méthodes d'application. Afrique francophone au Sud du Sahara.

Grâce à un réseau d'expérimentations en milieu réel ou contrôlé et d'observations de terrain couvrant la quasi-totalité des pays producteurs d'Afrique francophone au Sud du Sahara, les spécialistes de l'Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques (I.R.C.T.) et les nationaux ont défini au cours des années une politique raisonnée de protection contre les ravageurs du cotonnier.

Ces données essentiellement évolutives permettent aux Sociétés de Développement en place, seules responsables de la filière coton de tracer les règles pratiques de lutte appliquées par les paysans : déprédateurs visés, programme de

traitement, mode d'application, matières actives utilisées.

Ce document regroupe les résultats, réflexions et remarques de mes collègues sur les sujets traités :

R. COUILLOU, J.-P. BOURNIER, P. JACQUEMARD (Montpellier), J. ASPIROT, P. MENOZZI (Tchad), A. RENOU, R. JABOULAY, C. NOUTCHIE (Cameroun), P. VINCENS, T. MIANZE (R.C.A.), A. ANGELINI, M. VAISAYRE (Côte-d'Ivoire), J. CADOU, M. TOGOLA (Mali), M. GUILLAUMOND, B. SONIGBE (Togo).

Il n'aurait pas été possible sans leur concours ; qu'ils en soient ici remerciés.

I. GÉNÉRALITÉS

La production cotonnière des pays francophones d'Afrique au sud du Sahara (Bénin, Burkina-Faso, Cameroun, Centrafrique, Côte-d'Ivoire, Madagascar, Mali, Niger, Sénégal, Tchad et Togo) a augmenté de façon spectaculaire ces dernières années.

Cultivée sur une surface de 700 à 800 000 ha dont plus de la moitié est labourée mécaniquement, cette culture a bénéficié de transferts technologiques exemplaires dans tous les domaines : variétés, techniques culturales, utilisation d'intrants. Ces trois dernières années, les productions ont continué à croître : 696 000 t de coton graine en 1982-1983, 776 000 t en 1983-1984 et près de 850 000 t en 1984-1985.

Le rendement moyen a dépassé la tonne de coton-graine à l'hectare et certains pays atteignent 1 300 et 1 400 kg/ha (Madagascar, Côte-d'Ivoire, Cameroun). Il est évident que l'amélioration de la productivité est liée à un ensemble de facteurs dont l'un des principaux est la protection des

cotonniers contre les ravageurs : d'inexistantes il y a vingt-cinq ans, les surfaces protégées représentent actuellement 84 % du total tandis que la consommation d'insecticides atteint 10,122 millions de litres (équivalent à 3 l/ha) en 1983-1984 et 12,652 millions de litres en 1984-1985 représentant une valeur totale d'environ 14 milliards CFA (280 000 000 francs) (tabl. ci-dessous).

Nous allons dans ce travail expliquer quelles sont les bases de la protection du cotonnier contre ses ravageurs dans les pays concernés et commenter les recommandations données par les spécialistes de l'I.R.C.T. dans ce domaine.

Cinq chapitres traitent des différents problèmes :

- les matières actives insecticides,
- les techniques d'application,
- le programme d'intervention,
- l'introduction de l'aide biologique dans le programme de protection,
- la réduction des coûts.

Fig. 1. — Culture cotonnière et transferts technologiques
en Afrique francophone au sud du Sahara
(Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Centrafrique, Côte-d'Ivoire,
Madagascar, Mali, Niger, Sénégal, Tchad, Togo).

Campagnes cotonnières	1961-1962	1971-1972	1976-1977	1981-1982	1983-1984
Production totale tonnes de coton graine	130 909	448 150	599 338	584 649	735 232
Rendement kg/ha de coton graine	199	450	700	910	1 010
Fumure minérale % surface fumée	1	32	52	73	75
Protection insecticide % surface traitée	1	30	57	76	84
Consommation insecticide litres/ha	3,6	4,1	7,5	11,6	15

II. LES MATIÈRES ACTIVES INSECTICIDES

Au cours de ces vingt-cinq dernières années, l'aide chimique d'abord considérée comme un facteur d'amélioration de la productivité de la culture cotonnière apparaît aujourd'hui indispensable.

Pour des raisons de rentabilité et de logistique, au regard du parasitisme existant dans les champs des cultivateurs, des règles simples ont été mises en place pour la réalisation du programme de protection :

nombre réduit d'applications (4 à 5 en moyenne),
dose relativement faible des matières actives insecticides employées,
utilisation de la même formulation durant tout le programme.

1. La conception de la lutte contre les ravageurs du cotonnier

Au départ l'aide chimique est dirigée contre les ravageurs des organes fructifères qu'il importe de préserver des larves de lépidoptères (boutons floraux, fleurs, capsules). Par la suite, des problèmes supplémentaires, différents selon les écorégions, concernant presque exclusivement les ravageurs de la phase végétative sont apparus.

L'acarien *Polyphagotarsonemus latus* présente une incidence économique depuis 10 à 12 ans dans les zones boisées à pluviométrie supérieure à 1 000-1 200 mm : Centre Côte-d'Ivoire, Centre Sud du Bénin et du Togo, Centre-Nord Cameroun, Centrafrique.

Les homoptères *Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci* se sont manifestés de deux façons différentes : en tant que vecteurs de maladies à virus du cotonnier (maladie bleue, mosaïque, leafcurl), ou comme producteurs de miellats qui déprécient la qualité de la fibre avant la récolte (RCA, Tchad dans le 1^{er} cas, Mali, Sénégal, Cameroun dans le second).

Les Jassides jouent un rôle similaire dans certains pays de la zone soudanienne (Mali, Nord Côte-d'Ivoire, Burkina Faso) : vection de la virescence du cotonnier (mycoplasmoses liée à *Orosius* sp.) et quelquefois apparition de graves dégâts dus à *Empoasca* spp., au Mali par exemple.

Dans certains cas, enfin, des pullulations localisées de chenilles défoliatrices sont observées : *Sylepta derogata* au Tchad, au Cameroun, *Cosmophila flava* au Nord de la Côte-d'Ivoire.

La révélation de ces ravageurs des organes foliaires considérés longtemps comme secondaires ou occasionnels est souvent attribuée à l'utilisation des pyréthrinoides.

Il y a cependant d'autres explications à ne pas sous-estimer :

— l'utilisation de la rampe horizontale, puis de l'UBV

(pulvérisation à très bas volume) liée à celle d'insecticides non systémiques favorise les ravageurs localisés à la face inférieure de feuilles (pucerons, aleurodes, acariens...) ;

— la rupture de l'équilibre naturel par destruction des auxiliaires prédateurs ou parasites des ravageurs (si, dans ce domaine, les pyréthrinoides sont particulièrement dangereux, d'autres molécules l'ont également été avant eux).

2. Le bien-fondé de l'association pyréthrinoides - insecticide de 1^{re} génération

Actuellement, les pyréthrinoides sont utilisés dans la quasi-totalité des programmes de protection. Le problème est de savoir si l'on peut les utiliser seuls.

En effet, aux doses couramment utilisées, appliquées en UBV, les pyréthrinoides sont particulièrement efficaces sur les larves de lépidoptères déprédatrices des organes fructifères : *Heliothis armigera*, *Diparopsis watersi*, *Pectinophora gossypiella*, *Cryptophlebia leucotreta*, *Earias insulana*, *E. biplaga* ; ils le sont moins sur les chenilles défoliatrices : *Spodoptera littoralis*, *S. derogata*, *C. flava* ; ils sont à peu près inefficaces sur les piqueurs suceurs et les acariens : *P. latus*, *Tetranychus urticae*, de la phase végétative.

Il paraît donc nécessaire de prévoir dans le programme chimique l'intervention de matières actives (m.a.) de 1^{re} génération pour combler ces lacunes : ce sont essentiellement des organo-phosphorés (O.P.). Cette position paraît fondée lorsqu'il y a pullulation visible d'acariens, d'homoptères ou de chenilles défoliatrices. Il faut cependant considérer que l'introduction des pyréthrinoides dans les programmes s'est souvent faite en même temps que la mise en place de l'UBV ; il est donc difficile de dissocier la part de l'une ou de l'autre de ces deux innovations lorsqu'on dresse le bilan de la protection phytosanitaire de ces dernières années.

Lorsqu'il n'y a pas de dégâts dus à ces ravageurs non maîtrisés par les pyréthrinoides, faut-il quand même utiliser une m.a. de complément ? (c'est le cas de certaines régions du Tchad ou du Mali). A notre avis, il est là aussi nécessaire d'associer pyréthrinoides et O.P. car le déséquilibre faunistique se produira un jour ou l'autre.

En conclusion, dans le milieu africain, l'utilisation des pyréthrinoides en UBV doit prévoir une association avec une ou plusieurs m.a. de 1^{re} génération afin d'éliminer les prédateurs potentiels qui ne le seraient pas par les seuls pyréthrinoides. Cette position apparaît d'ailleurs comme la suite logique de ce qui se passait avant l'introduction des pyréthrinoides en culture cotonnière. En effet, les associations utilisées auparavant (organochlorés et organo-phosphorés essentiellement) possédaient toutes, en plus de

leur efficacité sur les chenilles des capsules une activité complémentaire sur les piqueurs suceurs et quelquefois sur les acariens. De plus, certaines de ces m.a. avaient une action andoanthérapique ; il n'est donc pas logique de les remplacer comme cela a pu être fait dans certains pays par un seul pyréthrinoloïde dont le spectre d'activité est moins large.

3. Comment peut se réaliser l'association pyréthrinoloïde - insecticide de 1^{re} génération

L'apport d'une m.a. de 1^{re} génération qui est le plus souvent un organophosphoré peut se faire de façon différente selon les écorégions et les possibilités matérielles de l'encadrement.

a) *L'association formulative* : tout au long du programme de protection une seule formulation est utilisée. Il s'agit d'un mélange binaire ou ternaire comprenant un pyréthrinoloïde formulé avec 1 ou 2 O.P. complémentaires.

Cette solution est la plus simple au plan logistique ; mais elle est la plus onéreuse car elle impose 2 à 3 m.a. tout au long du programme même lorsque cela n'est pas nécessaire. C'est la technique la plus souvent employée.

b) *L'association programmée* : dans le cours du programme de protection, les applications successives comprennent des formulations différentes selon les ravageurs à éliminer. Par exemple, en début de cycle, un O.P. acaricide sera associé au pyréthrinoloïde pour les 2 ou 3 premières interventions, tandis que les autres renfermeront le pyréthrinoloïde seul (solution ayant été utilisée en Côte-d'Ivoire, au Bénin).

c) *L'alternance* : le principe est de jouer sur la rémanence de l'activité du pyréthrinoloïde qui est supérieure à celle de l'organo-phosphoré. Dans les pays où les traitements ont lieu chaque semaine (Cameroun), une application pyréthrinoloïde + O.P. peut être alternée avec celle de l'O.P. seul.

Cette solution a été envisagée au Cameroun pour lutter contre les insectes producteurs de miellats.

4. La détermination des doses des éléments de l'association

Dans le cas de l'association formulative qui est le cas le plus fréquent, certaines données sont à prendre en considération.

Pour les pyréthrinoloïdes, les doses moyennes d'efficacité sont établies pour maîtriser les larves de lépidoptères de la phase de reproduction, essentiellement *H. armigera* qui est le ravageur le plus difficile à éliminer. Dans le cas des trois pyréthrinoloïdes les plus anciens, ces doses sont : deltaméthrine 12,5 g/ha, cyperméthrine 36 g/ha, fenvalérate 60 g/ha. Il existe un ratio d'équivalence entre les trois molécules qui est fonction du spectre parasitaire considéré, puisque chaque molécule a un comportement déterminé sur les différentes chenilles. On peut conclure que chaque pays, chaque écorégion définit un ratio d'équivalence qui lui est propre. Sans entrer dans le détail, nous citerons un ratio moyen servant de base aux calculs de doses : deltaméthrine 1 = cyperméthrine 3-4 = fenvalérate 5-6.

La spécificité de chaque pyréthrinoloïde peut remettre en cause ces équivalences ; c'est aussi que deltaméthrine est particulièrement efficace sur *C. leucotreta* et *H. armigera* tandis que cyperméthrine l'est sur *P. gossypiella*.

Les doses des O.P. nécessaires à la maîtrise des ravageurs qui leur incombent peuvent être définies comme suit :

<i>P. latus</i>	triazophos 250 g/ha, profénofos, chlorpyrifos 300 g/ha.
<i>A. gossypii</i>	diméthoate 300 à 400 g/ha, monocrotophos 200-300 g/ha, ométhoate 300 g/ha.
<i>B. tabaci</i>	diméthoate, chlorpyrifos 400 g/ha, méthamidophos 300 g/ha, ométhoate 250 g/ha.

S. derogata triazophos 150 g/ha.

L'efficacité conjointe contre *P. latus* et *A. gossypii* peut être obtenue par l'association de 2 O.P., par exemple triazophos diméthoate 150-250 g/ha ou par l'utilisation d'une m.a. acaricide à dose majorée profénofos, chlorpyrifos 450 g/ha.

Lorsque pyréthrinoloïde et organophosphoré sont associés, on assiste souvent à un phénomène d'addition des activités qui peut permettre de minorer les doses du pyréthrinoloïde. Par exemple, avec triazophos, profénofos et chlorpyrifos, tout en gardant une activité équivalente sur les chenilles des capsules, la deltaméthrine pourra être utilisée à 10 g/ha voire 7,5 g/ha au lieu de 12,5 ou 10 g/ha, la cyperméthrine à 30 g/ha au lieu de 36 g/ha, le fenvalérate à 50 à 55 g/ha au lieu de 60 g/ha. Au Tchad, cependant, ce phénomène n'est pas observé et, dans le cas d'une forte attaque d'*H. armigera*, il est nécessaire de conserver la dose normale de pyréthrinoloïde.

Dans l'association pyréthrinoloïde - O.P., outre leur activité sur les ravageurs dits secondaires signalée plus haut, les O.P. peuvent apporter un « plus » contre les chenilles des capsules : triazophos et *P. gossypiella*, profénofos et *H. armigera*, chlorpyrifos et *S. littoralis*. Lorsque l'O.P. complémentaire est le diméthoate, l'expérience montre qu'il n'est pas possible de diminuer la dose du pyréthrinoloïde associé. C'est ainsi que les deux binaires : cyperméthrine-triazophos 30-250 g/ha et cyperméthrine-diméthoate 36-400 g/ha présenteront une efficacité comparable sur les ravageurs de la phase reproductive.

Quand les déprédateurs ne relevant pas des pyréthrinoloïdes sont peu actifs, on peut s'orienter vers une association pyréthrinoloïde-O.P., présentant une dose minorée de ce dernier élément. C'est la solution adoptée notamment en Côte-d'Ivoire en fin de cycle de végétation du cotonnier où les binaires comportent 150 g/ha de triazophos ou de profénofos (la dose de pyréthrinoloïde conseillée étant modulée en fonction du parasitisme « chenilles »).

5. La perte d'efficacité des insecticides

Le phénomène de perte d'activité des matières actives utilisées contre certains ravageurs ne s'est pas encore présenté dans la zone cotonnière qui nous intéresse. Ceci aurait cependant été signalé, au Sénégal, dans la protection des cultures de tomates, en milieu maraîcher, contre *H. armigera* avec les pyréthrinoloïdes.

La perte d'efficacité des pyréthrinoloïdes vis-à-vis d'*H. armigera* est en revanche signalée dans différents pays cotonniers : Australie, Thaïlande, Turquie.

6. Les matières actives insecticides utilisées en milieu réel

Malgré le nombre important de m.a. disponibles sur le marché et leur mise en expérimentation par les spécialistes de l'I.R.C.T. dans les différents pays où ils travaillent, les molécules retenues en appel d'offre sont peu nombreuses.

En 1983, les achats pour la campagne 1984 (10 millions de litres environ) se répartissent entre 3 pyréthrinoloïdes : cyperméthrine, deltaméthrine, fenvalérate et 5 organophosphorés : chlorpyrifos, diméthoate, méthyl parathion, profénofos et triazophos. En 1984, les achats pour la campagne 1985 (12,6 millions de litres) concernent les mêmes molécules avec un nouveau pyréthrinoloïde : cyfluthrine. Pour les 2 années citées, les achats de pyréthrinoloïdes seuls représentent 39 à 40 % du marché.

Il est intéressant de remarquer que la vente des insecticides en grande quantité et sans intermédiaire entre le formulateur et l'utilisateur permet d'obtenir en Afrique des prix de revient fort convenables en comparaison avec ceux affichés dans les autres pays cotonniers, et ceci malgré des difficultés d'approche inhérentes à l'éloignement des centres industriels.

III. LES TECHNIQUES D'APPLICATION

En Afrique francophone au Sud du Sahara (Madagascar excepté), les traitements insecticides se sont toujours faits au sol de façon manuelle, au début par poudrage ensuite au moyen d'une lance avec un appareil à dos à pression préalable puis à pression entretenue.

A partir de 1960, la lance est remplacée par la rampe horizontale à 4 jets (2 ou 4 lignes) ; en Afrique anglophone, la rampe est verticale (horse - tail boom).

Depuis une décennie, la pulvérisation à très bas volume (UBV) s'est généralisée. En 1985, la totalité des surfaces seront traitées avec cette technique utilisant trois litres ou moins d'insecticide à l'hectare.

Il faut cependant remarquer que l'adoption de ce nouveau mode d'application réalisé sous la pression des Sociétés de Développement n'a pas été précédée d'une expérimentation rigoureuse le comparant à la pulvérisation conventionnelle. Ainsi, il n'a jamais été prouvé que l'efficacité biologique de l'UBV soit supérieure à celle de la rampe et de l'appareil à dos. De fait, la méthodologie de comparaison des deux techniques était très difficile à réaliser dans les conditions africaines.

Dans certains pays, la tendance actuelle consiste à diminuer la quantité de formulation pulvérisée à l'hectare en UBV. Au Bénin, la dose employée est de 2,5 l/ha, au Cameroun l'UBV fut utilisé d'abord à 2 l/ha puis à 1 l/ha (35 000 ha en 1984 et la totalité des surfaces traitées en 1985) ; au Tchad l'UBV 1 l/ha protégera 30 000 ha environ en 1985.

La pulvérisation électrodynamique est encore au stade expérimental malgré d'excellents résultats dans la réduction des doses nécessaires. Le traitement peut se faire avec 0,75 à 0,50 litre d'insecticide à l'hectare, ce qui limite les quantités de m.a. applicables à l'hectare. En outre, le mélange de deux m.a. dans une même formulation n'est pas réalisable. Il a été prouvé au Cameroun en 1983 que cette technique permet de diminuer les doses de pyréthrinoides sans en changer l'efficacité : cyperméthrine de 30 à 20 g/ha. Cependant en 1984 le recouvrement des parties basses du cotonnier est insuffisant pour détruire les homoptères aux doses nécessairement minorées qu'impose ce mode d'application : 80 g/ha de profénofos.

1. Avantages et inconvénients de l'UBV

Nous les envisageons à deux points de vue :

- la réalisation du traitement,
- l'efficacité biologique.

a) La réalisation des traitements

Dans ce domaine, les avantages sont nombreux : pas besoin d'eau, diminution de la pénibilité, rapidité d'exécution (ce qui permet de couvrir une surface plus importante au moment opportun), contrôle facile de la dose épanchée à l'ha.

En revanche, certaines contraintes sont liées à l'UBV : dépendance de l'orientation et de la force du vent, problèmes d'ascendance thermique, régularité de la micronisation liée au bon état de l'appareil et à la fraîcheur des piles.

Au plan humain, la facilité d'utilisation de l'UBV entraîne bien souvent un transfert non souhaitable de l'exécution du travail aux enfants. Les problèmes de toxicité sont à prendre en considération d'autant que l'on travaille souvent en phase huileuse avec un mélange plus concentré que lorsqu'il s'agit de pulvérisation conventionnelle : les gouttes sont plus petites, plus nombreuses ; le « drift » est systématiquement utilisé : autant de risques pour l'utilisateur.

Dans l'organisation du chantier, l'UBV suppose un bon encadrement et des cultivateurs motivés car il est très difficile de s'apercevoir de la mauvaise exécution technique d'un traitement.

b) L'efficacité biologique

La technique UBV associe théoriquement une meilleure répartition du pesticide et une meilleure adhérence sur le végétal grâce à la multiplication de gouttelettes qui sont de diamètre réduit. Cependant, le phénomène de dérive limite l'efficacité du recouvrement foliaire lorsque la masse végétative est trop importante. Il y a diminution de la pénétration des gouttes lorsque le cotonnier est très développé et la partie basse de l'arbuste n'est pas atteinte.

Il est ainsi admis en Côte-d'Ivoire que la protection contre les Acariens perd de son efficacité lorsque les cotonniers sont très développés, quelle que soit la m.a. utilisée.

En conclusion

La vulgarisation de l'UBV en Afrique francophone a permis globalement une meilleure protection de la culture cotonnière par augmentation des surfaces traitées et du nombre moyen d'applications. De ce fait, le passage de la pulvérisation conventionnelle à l'UBV est un phénomène irréversible qui ne peut absolument pas être remis en question.

Il faut cependant ajouter que l'engouement lié à l'apparition de l'UBV s'est quelque peu atténué. Cette technique n'est plus une nouveauté, tout le monde l'utilise : le cultivateur et l'encadrement se lassent. L'absence de pénibilité de cette technique fait que dans de nombreux villages les enfants sont intégrés dans le circuit, exécutant les traitements à la place des adultes, avec tous les dangers inhérents à ce transfert.

2. Le cas de l'UBV 1 l/ha

Cette innovation s'est imposée au Cameroun puis au Tchad pour des raisons essentiellement matérielles : économie de 5 000 CFA en 1983 pour un programme de 7 à 8 applications.

En fait, les avantages de cette technique ne sont évidents que dans ce domaine :

- formulation moins chère à cause de l'économie de solvant ; il n'est cependant pas possible de réduire les doses de matières actives à l'hectare par rapport à l'UBV à 3 l/ha,
- frais d'approche réduits (1 l au lieu de 3 à transporter et à stocker),
- économie de pile (5 pour le Cameroun par hectare traité durant toute la campagne).

Dans les autres domaines, les avantages de l'UBV 1 l/ha sont moins évidents :

— pour le cultivateur, la pénibilité est réduite mais il n'y a pas gain de temps. La SODECOTON au Cameroun compte 36 à 42 minutes pour traiter un hectare avec un passage toutes les six lignes. La toxicité est plus forte pour l'homme et les animaux à sang chaud car les gouttelettes sont plus petites et les concentrations en insecticide plus fortes. La quantité d'insecticide épanchée à l'hectare reste la même mais les risques d'intoxication augmentent. Les problèmes de phytotoxicité prennent de l'importance avec certaines matières actives (diméthoate) ;

— pour le formulateur, les caractéristiques d'un bon mélange (viscosité) sont plus difficiles à obtenir : une plus grande quantité de matières actives devant être diluées dans moins de solvant. Certaines formulations demeurent d'ailleurs incompatibles avec la technique UBV 1 l/ha. Dans de nombreux cas, les solvants utilisés sont plus « durs » donc plus dangereux à l'emploi ;

— pour l'entomologiste, le recouvrement du végétal est théoriquement meilleur car les gouttes sont plus nombreuses. En réalité, les disques de l'appareil tournent plus vite et il est plus difficile d'accorder la quantité de formulation

épanchée au développement végétatif des cotonniers. Les molécules insecticides utilisées aux mêmes doses que pour l'UBV 3 l/ha ont au mieux la même efficacité biologique.

La conduite d'un chantier UBV 1 l/ha est plus délicate surtout si les cotonniers sont vigoureux : il devient alors difficile de respecter la quantité de formulation à l'hectare.

3. Amélioration possible de la technique d'application UBV

Le point faible de la pulvérisation à très bas volume est celui du recouvrement du végétal. La seule correction pos-

sible de ce défaut est d'adapter la quantité de formulation appliquée au volume de végétation (il est aussi possible de réduire la taille des cotonniers par l'utilisation de régulateurs de croissance).

Si l'on veut pouvoir moduler les quantités d'insecticides en fonction de l'importance du couvert végétal, il faut utiliser des liquides facilement disponibles : huile végétale de cotonnier, eau. Cette solution pourtant logique va à contre-courant de l'intérêt actuel manifesté pour l'UBV à 1 l. ha.

IV. LE PROGRAMME D'INTERVENTION

Actuellement, dans l'ensemble des pays considérés et pour des raisons de sécurité, d'efficacité et de logistique, les programmes de traitement sont préétablis en fonction de l'évolution physiologique du cotonnier.

Cela suppose une connaissance parfaite de la dynamique des populations de ravageurs qui varient en fonction de différents facteurs : climat, système de culture, techniques culturales, variété utilisée...

1. La définition du programme de traitement

La mise au point d'un tel programme dépend des observations faites sur la physiologie du cotonnier, la biologie et les nuisances des principaux ravageurs, les caractéristiques des m.a. utilisées.

Les trois éléments du programme de traitement sont la date de déclenchement, le nombre des interventions et l'intervalle entre deux applications successives.

La date de déclenchement est actuellement déterminée de façon à protéger l'appareil reproducteur du cotonnier : boutons floraux, fleurs, capsules. Dans certains cas, d'autres nuisances comme l'acariose ou la présence d'insectes piqueurs suceurs sont prises en compte.

Lorsque les dégâts sont précoces sur boutons floraux, les traitements débutent dès le 45^e jour après les semis (ou la levée). Dans les pays situés plus au sud où les dégâts sont plus tardifs, les traitements ne commencent que le 60^e jour voire les 75^e-85^e jours comme en RCA.

Le nombre des interventions est déterminé par la durée de la phase reproductive utile du cotonnier à protéger (cycle de floraison-capsulation) et la rentabilité de l'opération liée au potentiel de production.

Le nombre des applications varie de 3 à 9 selon les pays, avec un nombre moyen de 4 à 6 traitements par an.

Il faut remarquer que ce ne sont pas les pays dont les cultures subissent la plus forte pression parasitaire qui réalisent le plus grand nombre de traitements : ce sont les pays les plus riches. En tout état de cause, la consommation moyenne d'insecticide à l'hectare traité est très raisonnable en Afrique (12 l/ha en 1982) et ne peut en aucune façon représenter une source d'inquiétude pour les écologistes.

L'intervalle entre deux applications successives dépend de nombreux facteurs :

- physiologique — en début de végétation, le cotonnier, en pays tropical, croît de 15 à 40 cm par semaine pendant les mois les plus arrosés ; la croissance est bien plus faible en fin de cycle. Il est impossible de laisser sans couverture insecticide le sommet des plants où se reportent la plupart des ravageurs ;

- biologique — le cycle de développement des ravageurs nécessite de 25 à 35 jours pour les lépidoptères (d'adulte à adulte). Les stades larvaires, sources de dégâts, durent de

15 à 18 jours. Pour certains prédateurs comme *H. armigera*, l'accroissement volumique des derniers stades larvaires (L4 et L5) est tel qu'aux doses habituellement utilisées les matières actives appliquées n'arrivent souvent plus à provoquer l'intoxication.

Pour les homoptères les cycles sont plus courts : Jassides 10-12 jours, *B. tabaci* 15-30 jours, *A. gossypii* 3 jours.

Dans le cas de nombreux ravageurs polyphages une réinfestation continue a lieu à partir du milieu extérieur : cultures du système, jachères ou végétation naturelle ;

- chimique — la persistance des insecticides est variable : 15 à 18 jours pour les pyréthrinoides, 10 à 12 jours en moyenne pour les organophosphorés (7 à 9 jours pour le monocrotophos, 3 à 5 jours pour le méthyl-parathion). Ces durées n'ont qu'une valeur indicative moyenne et dépendent étroitement du mode d'application et des conditions du milieu : chaleur, humidité ;

- climatique — le milieu ambiant agit sur la rémanence des produits appliqués sur le couvert végétal, soit de façon insidieuse par évaporation, soit brutalement, les pluies pouvant par exemple annuler l'effet d'un traitement. Dans ce dernier cas, les pluies permettent cependant une élimination d'une partie des pontes et favorisent, d'autre part, le développement de certains pathogènes d'insectes comme les champignons entomophthorales.

En Afrique, l'intervalle entre deux applications successives ne peut pas dépasser 14 à 15 jours pour ces diverses raisons. Dans certains pays, cet intervalle est réduit à 10-12 jours ou même 7 jours.

La notion de quantité globale de m.a./hectare épanchée durant le programme de protection est intéressante à considérer. Par exemple, l'adoption d'un programme comprenant 9 à 10 applications avec une cadence de 7 jours permet l'utilisation de doses minorées de m.a. par rapport à celles d'un programme de 5 applications à 14 jours sans modifier le bilan m.a./ha/campagne.

2. Conclusion

- Compte tenu des impératifs liés au milieu africain, il n'est pas possible d'interrompre un programme d'intervention chimique qui est déclenché. De la même façon, on ne modifie pas les intervalles fixés en début de traitement.

- Pour les mêmes raisons, l'utilisation d'un système d'avertissement paraît encore utopique ; tout au plus peut-on reculer la date de la 1^{re} application (déclenchement du programme).

- En comparaison avec d'autres pays cotonniers, si les niveaux d'infestations des principaux ravageurs restent relativement modestes (essentiellement pour les chenilles), le faciès parasitaire, en revanche, reste très ouvert, comprenant de nombreux ravageurs parmi lesquels les occasionnels peuvent jouer un grand rôle. De plus, la réinfestation

à partir de la végétation naturelle est permanente. Ces raisons additionnées justifient un programme d'intervention chimique prédéterminé ; elles permettent de comprendre pourquoi il est nécessaire de privilégier l'utilisation de m.a. ou d'association de m.a. à spectre d'activité large, utilisées à des doses faibles ou moyennes.

V. L'INTRODUCTION DE L'AIDE BIOLOGIQUE DANS LE PROGRAMME DE PROTECTION

Trois aspects de la lutte biologique sont exploités : les agents biologiques, les phéromones et les caractères variétaux de résistance. Bien que très différents dans leur mode d'intervention, ces moyens de lutte ont deux caractéristiques importantes : leur utilisation ne peut se concevoir dans la plupart des cas qu'au niveau du système de culture dans lequel le cotonnier ne représente qu'un élément ; en outre, leur utilisation seule peut rarement suffire à protéger le cotonnier : d'autres moyens doivent nécessairement s'y ajouter notamment l'aide chimique, les techniques culturales, la prophylaxie...

1. Les agents biologiques : entomophages et entomopathogènes

Sur le plan pratique, dans le domaine cotonnier, les agents biologiques ne donnent de résultats susceptibles d'être vulgarisés que dans le cas des larves de lépidoptères. Du côté des entomophages, il existe des parasites oophages dont les plus connus appartiennent à la famille des Trichogrammatidae. Ils sont susceptibles de parasiter les œufs de la plupart des lépidoptères déprédateurs du cotonnier ; les parasites nymphaux peuvent s'installer soit sur *S. derogata* et *C. leucotreta* (*Tetrastichus atriclavus*), soit sur *E. insulana* et *biplaga* (*Trichospilus diatraeae*).

Pour les entomopathogènes, de nombreux Baculovirus ont été identifiés et isolés sur la plupart des chenilles déprédatrices des capsules : *H. armigera*, *D. watersi*, *C. leucotreta*. En outre, des virus à large spectre d'activité produits à l'échelle industrielle peuvent être utilisés : virus de la polyédrose nucléaire de *Mamestra brassicae* actif sur *H. armigera*, *D. watersi*, *S. littoralis* ou virus de la polyédrose nucléaire d'*Autographa californica* actif sur les trois mêmes chenilles ainsi que sur *P. gossypiella*.

Dans le cas des bactéries, *Bacillus thuringiensis* possède un certain nombre de sérotypes actifs sur différentes chenilles : *Cosmophila flava*, *Earias spp.*...

Après plusieurs années d'expérimentation au laboratoire ou au champ, il est apparu que ces divers agents biologiques ne peuvent être utilisés qu'en complément de la lutte chimique avec l'un des objectifs suivants :

- réduire les doses de matières actives insecticides, dans certains cas jusqu'au niveau zéro puisqu'on peut envisager de remplacer dans la formulation le pyrèthriné par un insecticide viral pour maîtriser *H. armigera* ;

- augmenter l'efficacité des molécules insecticides appliquées ; c'est le cas de la lutte appliquée avec doses minorées de pyrèthriné et virus de *M. brassicae* ;

- réduire le nombre d'applications chimiques : par exemple au moyen de lâchers d'entomophages en début de végétation, ou sur le précédent cultural (*T. atriclavus*, sur maïs au Togo) ;

- éliminer certains déprédateurs non contrôlables par le programme chimique utilisé : exemples de *B. thuringiensis* et *C. flava*. Les entomopathogènes présentent l'intérêt de pouvoir être associés avec la lutte chimique tout au long du programme d'intervention. Ils posent cependant deux

- Seule la régionalisation des connaissances sur l'entomofaune nuisible, comme c'est le cas en Côte-d'Ivoire, peut permettre d'utiliser des m.a. plus spécifiques à des doses plus basses avec une meilleure efficacité.

problèmes pratiques : leur spécificité et leur applicabilité. Le plus souvent la souche virale utilisée n'attaque qu'une espèce de lépidoptère d'où l'intérêt d'employer des virus à spectre élargi, ou d'agrandir le spectre d'activité par l'adjonction d'un insecticide qui affaiblit les ravageurs. Au moment de l'application au champ, le virus peut perdre une partie de son efficacité à cause de nombreux facteurs extérieurs : température, humidité, lumière (ultra violet) ; leur formulation joue donc un rôle primordial.

2. Les phéromones

Bien que des attractifs sexuels de synthèse soient actuellement au point pour la quasi-totalité des lépidoptères ravageurs des organes fructifères du cotonnier, l'utilisation des phéromones n'a pas encore abouti à des résultats concrets pour la protection des cultures cotonnières.

La panoplie est actuellement complète grâce à des initiatives diverses. Trois phéromones sont commercialisées : Gossypure de *P. gossypiella* par ALBANY, phéromone de *S. littoralis* et *H. armigera* par MONTEDISON. En outre, le laboratoire des médiateurs chimiques de l'I.N.R.A. a successivement mis au point en collaboration avec l'I.R.C.T. les attractifs chimiques de *C. leucotreta*, *H. armigera*, *E. insulana*, *E. biplaga* et *D. watersi*. Les spécialistes ont adapté pour chaque espèce les types de pièges les plus performants en condition tropicale.

Cependant, dans l'état des connaissances actuelles, ces données n'ont pas encore abouti à des réalisations pratiques de protection du cotonnier contre ses déprédateurs. Jusqu'à présent, le piégeage des adultes a seulement permis d'orienter les interventions chimiques dans les meilleurs des cas. En effet, la relation entre le nombre de papillons piégés et les populations du déprédateur dans le champ n'est pas évidente ; elle l'est encore moins avec les dégâts du dit ravageur.

3. Les caractères variétaux de résistance

Leur étude et leur exploitation est un travail à long terme souvent incompatible avec les objectifs de courte ou de moyenne durée de nos spécialistes.

Certains caractères de résistance variétale directe ou morphologique sont utilisés depuis toujours comme la pilosité contre les Jassides. D'autres sont constatés sans que le mécanisme ait pu être mis à jour : il existe une résistance variétale à *P. latius* qui s'observe mais ne se maîtrise pas.

Récemment, à cause de l'importance des miellats, le caractère feuille découpée (okra leaf) a repris de l'intérêt et est en voie d'introduction dans beaucoup de programmes de sélection contre *A. gossypii* et *B. tabaci*.

Les caractères de résistance internes ou physiologiques qui sont très étudiés dans certains pays ne le sont pas dans nos stations (variétés à haute teneur en gossypol ou en tanin par exemple).

VI. LA RÉDUCTION DES COÛTS

Les programmes de protection préconisés actuellement dans les différents pays sont choisis selon des critères de rentabilité par les Sociétés et Développement responsables de la filière cotonnière, l'augmentation de production obtenue par la maîtrise des déprédateurs devant compenser les frais engagés dans la lutte chimique. Cependant, il apparaît chez les Responsables des Sociétés Cotonnières la volonté de *minorer encore leur coût sans en changer l'efficacité*.

La réduction du coût d'une protection insecticide passe par la diminution des frais de l'un ou de plusieurs des 3 facteurs constitutifs du programme de protection :

- les matières actives insecticides,
- le nombre des applications,
- la technique d'application.

1. Les matières actives

Nous éliminerons toute économie relative à la formulation elle-même en dehors des matières actives constituant. En effet, une économie réalisée sur les éléments de la formulation UBV peut déboucher sur un mélange mal adapté à la technique UBV, un défaut de stabilité ou un stockage difficile. L'évocation de ce problème fait ressortir l'intérêt qu'il pourrait y avoir lors des appels d'offres à citer non seulement l'origine des matières actives mais aussi celle des formulations, ce qui n'est pas encore entré dans les habitudes.

La réduction des coûts liés aux matières actives épanchées passe donc, soit par l'utilisation des molécules moins chères, soit par la recommandation de doses plus faibles. Cela peut remettre en cause les programmes d'intervention tels qu'ils sont habituellement proposés :

— l'association formulative comprenant 2 ou 3 matières actives préconisées tout au long de la campagne, serait remplacée par des traitements dirigés contre un ravageur déterminé : c'est le ciblage. Ce moyen permet l'économie de la matière active non nécessaire. Par exemple, en début de cycle de végétation du cotonnier, l'acarien est souvent le seul déprédateur notable ; pourquoi utiliser alors à ce moment là un binaire pyréthrinolide-acaricide au lieu de l'acaricide seul ? Même raisonnement lorsqu'il s'agit d'éliminer les homoptères producteurs de miellats en fin de cycle : n'est-il pas possible d'utiliser un organo-phosphoré seul ?

— l'alternance jouant sur la rémanence des pyréthrinolides supérieure à celle des O.P. permet de faire l'économie de la première m.a., lorsqu'on alterne dans une cadence de traitements hebdomadaires un binaire pyréthrinolide-O.P. avec un O.P. seul (ex. : le Cameroun) ;

— la réduction des doses de matières actives épanchées liée à l'augmentation du nombre des applications a donné des résultats au Tchad et montre que l'on peut par ce biais diminuer la quantité globale d'insecticides utilisés à l'hectare durant la campagne. C'est ainsi qu'un programme de 10 applications tous les 7 jours de deltaméthrine-triazophos (4-75 g/ha) dans une protection équivalait à 5 applications tous les 14 jours des mêmes molécules aux doses de 10-250 g/ha. L'économie réalisée en fin de programme est de 10 g de deltaméthrine (20 %) et de 500 g de triazophos (40 %). Cette expérimentation réalisée en pulvérisation conventionnelle et sur station doit être reconduite en grande surface avec l'UBV pour conserver tout son intérêt ;

— une autre voie consiste à réduire les doses des matières actives utilisées en début de cycle afin de les adapter au volume de la végétation du cotonnier. Cela est réalisé de façon intuitive dans de nombreux pays mais aboutit rarement à des économies de produits car les dernières applications sont faites à leur tour avec des doses plus fortes que la moyenne.

2. Le nombre d'applications

Dans les conditions africaines, il est admis qu'un programme de protection une fois commencé ne peut pas être interrompu à cause de la multiplicité des ravageurs et de la réinfestation toujours possible et facilitée par la végétation naturelle, elle-même dominante par rapport aux surfaces cultivées.

De ce fait, la seule façon de réduire le nombre des interventions consiste à retarder le seuil de déclenchement (si l'on excepte l'élargissement de l'intervalle entre 2 applications successives dont nous avons parlé au chapitre 4).

Il arrive souvent que la programme de protection débute en l'absence de tout parasitisme : pluies trop nombreuses, retard physiologique du cotonnier, absence des ravageurs attendus en début de cycle. La date de la première application peut être raisonnée en fonction de relevés parasitaires (population d'adultes, de larves ou d'œufs) ou d'évaluation des dégâts avec un seuil de nocivité défini à l'avance.

Cette technique impose cependant un encadrement rompu à la connaissance des principaux ravageurs et présent sur le terrain, ce qui n'est que rarement le cas dans les pays concernés. Pratiquement, le retard du déclenchement du programme ne peut permettre d'économiser qu'une application, exceptionnellement deux. Dans de nombreux cas (retard physiologique du cotonnier), il y a seulement report du traitement économisé en fin de cycle, ce qui ne change en rien le nombre total des applications.

La réduction du nombre des applications nécessaires peut être obtenue par l'adaptation des techniques culturales. C'est ainsi qu'en Côte d'Ivoire le semis tardif élimine l'acariose et diminue l'incidence de *C. leucotreta* tandis que *P. gossypiella* et *H. armigera* se révèlent plus importants. Au total, le bilan phytosanitaire peut apparaître comme positif par rapport à celui d'un semis précoce qui exalterait les dégâts de *P. latus*, de *C. leucotreta* et d'*H. armigera* mais en augmentant cependant sérieusement les risques de pourritures de capsules.

Une autre solution envisageable est de raccourcir le cycle de végétation grâce à l'utilisation des régulateurs de croissance (Pix de BASF a donné des résultats intéressants dans ce domaine).

3. La technique d'application

Nous avons vu au chapitre des techniques d'application que la raison principale du développement de la technique UBV 1 l/ha était de permettre la réalisation d'une économie.

Il existe cependant d'autres façons de réduire le coût des traitements par le biais de la technique d'application : l'une d'entre elles est l'UBV à l'eau ; les essais dans ce sens ont été faits au Mali avec le fenvalérate en pâte soluble et des appareils Berthoud travaillant à la dose de 4,5 litres de mélange à l'ha. Malgré les risques d'évaporation des gouttelettes, l'efficacité biologique fut comparable à l'UBV normal. Une expérimentation similaire a été réalisée en Côte d'Ivoire avec la même matière active à 4 l/ha de mélange.

La pulvérisation électrodynamique est aussi théoriquement une source d'économie : en effet, les doses employées sont plus faibles que l'UBV 0,5 à 0,75 l/ha. En outre, les matières actives ont une activité équivalente à celle de l'UBV pour des doses bien plus faibles (20 g/ha de cyperméthrine sont équivalents à 36 g/ha au Cameroun en 1983). Malheureusement, cette technique qui n'a pas pu être expérimentée en 1984 au Mali, mais seulement au Cameroun, a ses limites définies dans le chapitre III.

4. Conclusion

Les différentes solutions offertes pour réduire le coût de la protection contre les ravageurs sans en diminuer l'efficacité passent toutes par une meilleure compréhension des problèmes phytosanitaires : meilleure connaissance du parasitisme (identification et biologie des déprédateurs à incidence économique), meilleure appréhension des techniques de lutte (matières actives et modes d'application les mieux adaptés à la situation parasitaire). Jusqu'à présent, la protection est réalisée par les paysans guidés par l'encadrement. Or, il apparaît nettement que les responsables des Sociétés d'intervention, aussi bien ceux de la base que les cadres moyens, sont actuellement beaucoup plus des gestionnaires que des techniciens de terrain. L'ABC phytosa-

nitaire leur échappe : ils ne connaissent pas les ravageurs, leur biologie et leurs nuisances. Pour réduire les coûts de la protection contre les ravageurs du cotonnier sans perte d'efficacité, il faudra au premier chef investir sur l'encadrement de terrain. En effet, l'économie de pesticide passe obligatoirement par une meilleure formation des responsables du programme d'intervention.

Est-il encore temps de réaliser cet investissement humain au niveau de l'encadrement ou vaut-il mieux s'adresser directement au paysan ? Ce paysan dont le niveau s'élève au plan matériel, dont la motivation s'accroît en même temps que sa technicité et qui, dans certains pays, sera bientôt apte à prendre le relais car finalement c'est quand même lui le premier concerné.

VII. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le bilan de la protection contre les ravageurs du cotonnier telle qu'elle est réalisée en Afrique francophone au Sud du Sahara est largement positif. En effet, malgré un parasitisme important et varié, les nuisances sont réduites au minimum et permettent une productivité satisfaisante pour une consommation moyenne d'insecticides inférieure à 15 litres à l'hectare en 1984.

Il s'agit en fait d'une lutte raisonnée faisant intervenir différents facteurs : le début de cycle du cotonnier est préservé grâce à l'emploi de variétés pileuses tolérantes aux jassides. Le programme chimique de 4 à 6 traitements en moyenne (de 3 à 9) commence au plus tôt le 45^e jour après la levée, le plus souvent au 60^e jour et dans certains cas vers les 75-80^e jours. En fin de cycle, la destruction des plants par le feu est conseillée aux paysans qui tardent souvent à exécuter cette importante mesure prophylactique.

Bien que l'aide biologique n'ait pas encore été introduite dans le programme d'intervention, des essais conduits déjà depuis une vingtaine d'années permettent d'envisager pour l'avenir l'utilisation de ces techniques en association avec les insecticides chimiques, permettant ainsi de réduire les quantités nécessaires.

Grâce aux recommandations faites par les spécialistes de l'I.R.C.T., la protection réalisée jusqu'à présent a connu peu d'échecs :

- pas de cas de perte d'efficacité de matière active sur un ravageur donné,
- pas de déséquilibre notable de la faune associée au cotonnier à l'exception des pullulations d'homoptères en fin de cycle dans certaines zones,
- pas de pollution ou d'intoxication graves grâce à l'utilisation depuis quelques années de molécules insecticides relativement peu dangereuses.

Il faut cependant être bien averti que l'efficacité de la protection contre les ravageurs du cotonnier observée

actuellement sur le terrain est liée au binôme UBV/pyréthrinoides.

La technique d'application à très bas volume a permis de traiter sans peine la quasi-totalité des surfaces semées selon le programme prévu. Les pyréthrinoides éliminent sans problèmes les chenilles déprédatrices des organes fructifères qui constituent souvent la part la plus importante du parasitisme.

Malheureusement, ces deux innovations dont l'introduction s'est faite durant la dernière décennie ne sont pas sans défaut.

L'UBV mal réalisé, surtout lorsqu'il est utilisé à 1 l/ha, ne permet pas le recouvrement de toute la surface végétale ; sur des cotonniers très développés, le bas du plant ne reçoit pas toujours l'insecticide ce qui permet la multiplication de certains déprédateurs comme les Homoptères ou les Acariens.

Les pyréthrinoides ne maîtrisent pas de nombreux ravageurs : chenilles défoliants, Homoptères, Acariens.

Il est donc nécessaire pour le futur de préciser ces déficiences et d'essayer de les compenser si l'on ne veut pas voir apparaître à moyen terme de nouveaux problèmes.

Pour l'utilisation de l'UBV, surtout dans la technique 1 l/ha, il est indispensable de vérifier l'efficacité des applications et d'adapter la quantité de formulation au développement végétatif du cotonnier. Il est également dangereux d'employer des pyréthrinoides seuls tout au long du programme d'intervention et l'adjonction d'un O.P. complémentaire s'avère presque toujours nécessaire.

Les Sociétés de Développement ne sont pas toujours prêtes à consentir à ces dépenses supplémentaires ; c'est le rôle des chercheurs de leur en montrer l'intérêt par des expérimentations simples réalisées en milieu réel.

Cotton pest control in subSaharan French speaking Africa : Principle and review of the techniques

J. Cauquil

Head of the Plant Protection Department.

I.R.C.T., 2, rue Louis-David, 75116 Paris (France)

SUMMARY

Cotton pest control in French speaking subSaharan Africa has considerably progressed these last twenty years (84 % of the area was sprayed in 1983-1984). The evolution of the techniques and the rules followed are described : insecticide active ingredients, application methods and program, introduction of biological control, *reduction in protection cost*.

The situation appears as highly satisfactory : increase in seed-cotton yield (over a ton), adequate protection suited to farmer's possibilities, limited insecticide consumption. This is a successful example of rational control.

KEY WORDS : cotton, insect and mite pests, chemical control, biological control, integrated control, application method, subSaharan French-speaking Africa

Experiments conducted in farmers fields and in stations together with field observations made in almost all the producing countries in subSaharan French speaking Africa have allowed I.R.C.T. * and national experts to define a national cotton pest control policy.

Thanks to these mainly evolutive data, the Development Societies established in those countries, which are the only responsible for the cotton line, can determine the practical control rules to be applied by farmers : target pests, application programs and techniques, active ingredients.

This document presents all the results and observations of my colleagues on the topics dealt with :

R. COULLAUD, J. P. BOURNIER, P. JACQUEMARD (Montpellier), J. ASPIROT, P. MENOZZI (Chad), A. RENOU, R. JABOULAY, C. NOUTCHIE (Cameroon), P. VINCENS, T. MIANZE (R.C.A.), A. ANGELINI, M. VAISSAYRE (Ivory Coast), J. CADOU, M. TOGOLA (Mali), M. GUILLAUMOND, B. SONIGBE (Togo).

It would have been impossible without their help and thanks are here extended to all of them.

I. GENERAL POINTS

Cotton production in subSaharan French speaking Africa (Benin, Burkina Faso, Cameroon, Central African Republic, Ivory Coast, Madagascar, Mali, Niger, Senegal, Chad and Togo) has sharply increased these last few years.

Present on an area of 700 to 800 000 ha, of which more than half is mechanically ploughed, cotton growing has gained by exemplary technological transfers in every domain : varieties, cultural techniques, use of inputs. Seed cotton productions have continued increasing these last three years : 696 000 T in 1982-1983, 776 000 T in 1983-1984 and nearly 850 000 T in 1984-1985.

The mean cotton-seed yield has been over a ton per hectare and several countries have obtained 1 300 to 1 400 kg/ha (Madagascar, Ivory Coast, Cameroon). This improved productivity is of course due to various factors. One of them is pest control : non-existent 25 years ago, the

area protected makes up today for 84 % of the total area, while insecticide consumption reached 10 122 million liters (equivalent to 3 l/ha) in 1983-1984 and 12 652 million liters in 1984-1985, being the total value about CFA F 14 billions (FF 280 000 000) (table below).

We are now going to explain the bases of cotton pest control in the countries involved and comment the recommendations given by I.R.C.T. experts.

Five chapters deal with the following topics :

- Insecticide active ingredients.
- Application techniques.
- Application program.
- Introduction of the biological aid in the protection program.
- Reduction in costs.

Fig. 1. — *Cotton growing and technological transfers in Subsaharan French-speaking Africa*
(Benin, Burkina-Faso, Cameroon, C.A.R., Ivory Coast, Madagascar,
Mali, Niger, Senegal, Chad, Togo).

Seasons	1961-1962	1971-1972	1976-1977	1981-1982	1983-1984
Total seed cotton production in tons	130,909	448,150	599,338	564,649	735,232
Seed cotton yield in kg/ha	199	450	700	910	1,010
Mineral fertilization area fertilized %	1	32	52	73	75
Insecticide protection area sprayed %	1	30	57	76	84
Insecticide consumption liters/ha	3.6	4.1	7.5	11.6	15

II. INSECTICIDE ACTIVE INGREDIENTS

First considered as a means of improving productivity, the chemical aid seems now indispensable.

Out of profitability and logistics, simple rules have been established according to the pests existing in the fields, in order to apply the protection program.

- small number of applications (4 to 5 on average),
- relatively low doses of active ingredients,
- use of the same formulation throughout the program.

I. Survey of cotton pest control

At the beginning, the chemical aid was targeted towards controlling the pests of the fruiting points (buds, flowers and bolls) which had to be protected from lepidopter larvae. Later on, additional problems, different with the ecoregions and concerning almost exclusively the pests of the vegetative stage have appeared.

The mite *Polyphagotarsonemus latus* has had an economic incidence these last 10 to 12 years in the woody areas where pluviometry was over 1,000-1,200 mm: central Ivory Coast, central southern Benin and Togo, central northern Cameroon, Republic of Central Africa.

Aphis gossypii and *Bemisia tabaci* have manifested themselves in two different ways: as vectors of cotton virus diseases (blue disease-mosaic, leafcurl) or as producers of honeydew which harm fiber quality before harvest (C.A.R. and Chad in the first case, Mali, Senegal and Cameroon in the second).

Jassids play a similar role in several countries in the Sudanese area (Mali, northern Ivory Coast, Burkina Faso): transmission of cotton virescence (m.l.o. due to *Orosius* sp) and occasional serious damage due to *Empoasca* spp. in Mali for instance.

In some cases, there are localized pullulations of leaf worms: *Sylepta derogata* in Chad and Cameroon, *Cosmophila flava* in northern Ivory Coast.

It is often assumed that these pests, considered secondary or occasional for a long time, have reappeared because of pyrethroids.

Other explanations should not be underestimated:

- the use of horizontal booms and application of non-systemic insecticides with U.L.V. (Ultra Low Volume) favour the pests localized on leaf lower faces (aphids, white flies, mites...).
- the destruction of auxiliary predators and pest parasites has upset the natural balance (there, pyrethroids are particularly dangerous but other molecules have been so before them).

2. Validity of the pyrethroid - first generation insecticide association

Pyrethroids are used in almost every protection program today. The question is whether they can be used alone.

At the doses presently applied with U.L.V., pyrethroids are particularly effective on the lepidopter larvae attacking fruiting points: *Heliothis armigera*, *Diparopsis watersi*, *Earias insulana* and *E. biplaga*; they are almost ineffective on the stinging-sucking insects and mites of the vegetative stage: *P. latus* and *Tetranychus urticae*.

It seems therefore necessary that chemical programs include first generation active ingredients (a.i.) to fill these deficiencies: these are essentially organophosphates (O.P.). This opinion seems well-founded in the case of visible pullulations of mites, homopters or leafworms. It should however be noted that pyrethroids have often been involved in protection programs at the same time as U.L.V. was introduced: it is therefore difficult to determine the role of each innovation, when the results obtained by pest control these last few years are reviewed.

When there is no damage due to these pests, should an additional active ingredient be used? (such is the case in a few Chadian and Malian areas).

In our opinion, it is there again necessary to combine pyrethroids and organophosphates since the faunistic balance will eventually be upset one day.

In conclusion, the use of pyrethroids with U.L.V. must, in African environments, be combined with one or several first generation a.i. to suppress the potential pests which would not be controlled by pyrethroids alone. Besides, this seems consistent with what occurred before pyrethroids were used in cotton pest control. All the combinations used before (basically organochlorates and organophosphates) were effective against boll worms and also active on stinging-sucking insects and sometimes on mites. Moreover, some had an endotherapeutic action: it is therefore not logical to replace them, as happened in some countries, by a single pyrethroid whose spectrum of control is less broad.

3. How can the pyrethroid - first generation insecticide

A first generation a.i., most often an organophosphate, can be added in different ways according to the ecoregions and possibilities of the monitoring services.

a) *Formulative association*

Only one formulation is used throughout the program. It is a binary or tertiary mixture including one formulated pyrethroid and 1 or 2 additional organophosphates.

As far as logistics is concerned, this is the most simple solution; but it is also the most expensive since 2 to 3 a.i. must be used throughout the program even when it is not necessary. It is the most commonly used technique.

b) *Programmed association*

In the protection program, successive applications include different formulations according to the target pests. In early cycle for instance, an acaricide organophosphate will be associated with the pyrethroid for the first 2nd and 3rd applications, while the others will only include the pyrethroid (this solution was used in Ivory Coast and Benin).

c) *Alternation*

The principle is that pyrethroids are more remanent than organophosphates. In the countries where sprays are weekly (Cameroon), an application of pyrethroid + organophosphate can alternate with an application of the organophosphate alone.

This solution was used in Cameroon to control honeydew-producing insects.

4. *Determination of the doses of the elements constituting the association*

Regarding the formulative association, which is most frequently used, several data are to be taken into account.

As far as pyrethroids are concerned, mean doses of effectiveness are established to control the lepidopter larvae of the reproductive stage, mainly *H. armigera* which is the most difficult pest to suppress. Regarding the three oldest pyrethroids, doses are as follows: deltamethrin 12.5 g/ha, cypermethrin 36 g/ha, fenvalerate 60 g/ha. There is an equivalence ratio between the three molecules which depends on the parasitic spectrum involved, since each molecule has a determined behaviour on the various worms. We can conclude by saying that each country, each ecoregion defines its own specific equivalence ratio. Without going into details, we shall indicate a mean ratio used as a basis in dose calculations: deltamethrin 1 = cypermethrin 3 - 4 = fenvalerate 5 - 6.

The specificity of each pyrethroid can question these equivalences, since deltamethrin is particularly effective on *C. leucotreta* and *H. armigera* while cypermethrin is excellent on *P. gossypiella*.

Organophosphate doses can be determined as follows:

- P. latus* : triazophos 250 g/ha, profenofos, chlorpyrifos 300 g/ha...
- A. gossypii* : dimethoate 300 to 400 g/ha, monocrotophos 200-300 g/ha, omethoate 300 g/ha.
- B. tabaci* : dimethoate, chlorpyrifos 400 g/ha, methamidophos 300 g/ha, omethoate 200 g/ha...
- S. derogata*: triazophos 150 g/ha.

Joint effectiveness against *P. latus* and *A. gossypii* may be obtained by combining two organophosphates, for instance triazophos, dimethoate 150-250 g/ha or by using an acaricide a.i. at an increased dose (profenofos, chlorpyrifos 450 g/ha).

When pyrethroid and organophosphate are associated, activities are often added, making reduction in pyrethroid dose possible (with triazophos, profenofos and chlorpyrifos for instance); while keeping an equivalent activity on bollworms deltamethrin can be used at 10 g/ha or even 7.5 g/ha instead of 12.5 or 10 g/ha, cypermethrin at 30 g/ha instead of 36 g/ha, fenvalerate at 50 to 55 g/ha instead of 60 g/ha. In Chad, however, this phenomenon is not observed and in the case of high attack of *H. armigera*, it is necessary to keep the normal pyrethroid dose.

Besides their activity on the so-called secondary pests mentioned above, pyrethroids can, in the pyrethroid-organophosphate association, bring an improvement against bollworms: triazophos and *P. gossypiella*, profenofos and *H. armigera*, chlorpyrifos and *S. litoralis*. When the organophosphate used is dimethoate, it is known from experience that the dose of the pyrethroid associated cannot be decreased. The following combinations: cypermethrin-triazophos 30-250 g/ha and cypermethrin-dimethoate 36-400 g/ha will therefore have a comparable effectiveness on the pests of the reproductive stage.

When the pests which do not depend on pyrethroids are little active, a pyrethroid associated with a decreased dose of organophosphate can be used. This solution is adopted in Ivory Coast at the end of the cotton vegetative cycle: binary mixtures involve 150 g/ha triazophos or profenofos (the pyrethroid dose recommended is adapted according to the worm pests).

5. *Loss of insecticide effectiveness*

The phenomenon by which active ingredients lose activity against various pests has not been observed yet in the cotton area we are dealing with. However, this would have been reported from Senegal in tomato market gardening when pyrethroids were used against *H. armigera*.

Reduced effectiveness of pyrethroids towards *H. armigera* is reported from various cotton producing countries: Australia, Thailand, Turkey...

6. *Active ingredients used in farmers fields*

Despite the large number of a.i. available on the market and their experimentation by I.R.C.T. experts in the various countries where they work, there are few molecules selected in legal tenders.

In 1983, around 10 million liters of active ingredients were purchased for the 1984 season: 3 pyrethroids (cypermethrin, deltamethrin and fenvalerate) and five organophosphates (chlorpyrifos, dimethoate, methyl parathion, profenofos and triazophos).

In 1984, the same molecules were purchased (12.6 million liters) for the 1985 season, plus a new pyrethroid: cyfluthrin.

For 1983 and 1984, pyrethroids alone accounted for 39 to 40 % of the total purchases.

It should be noted that considerable amounts of insecticides are sold directly from formulators to users. Cost prices are therefore quite reasonable in Africa as compared to those experienced in other cotton producing countries, despite the difficulties inherent in the distances from industrial centers.

III. *APPLICATION TECHNIQUES*

In subSaharan French-speaking Africa (Madagascar excluded), insecticide soil-applications have always been manual.

Dust spraying was used at the beginning. Later, spray lances with hydro-pneumatic then hand-operated pressure Knapsack sprayers were employed.

As from 1960, lances were replaced by horizontal booms with 4 nozzles (2 or 4 rows) : English-speaking African countries use vertical booms.

U.L.V. spraying has been put into widespread use since the last decade. In 1985, the whole cotton area will be treated this way, with 3 liters/ha of insecticide or less.

It should however be noted that this new application method, adopted under the pressure of the Development Societies, had not been strictly experimented before, as to compare it with conventional spraying. It has never been proved that U.L.V. was biologically more effective than booms or Knapsack sprayers. In fact, comparing the two techniques was very difficult to carry out under African conditions.

Today, there is a tendency in some countries to reduce the amount of formulation/ha sprayed by U.L.V. The dose in Benin is 2.5 l/ha ; in Cameroon, it was 2 l/ha first and 1 l/ha later (35,000 ha in 1984 and the whole cotton area in 1985) ; in Chad, 1 l/ha will protect about 30,000 in 1985.

Electrodynamic spraying is still being experimented although excellent results have been obtained in dose reduction.

The dose can be 0.75 to 0.50 per hectare, limiting the amounts of a.i. applicable per hectare. Besides, it is impossible to mix two a.i. in one formulation. It has been proved in Cameroon in 1983 that this technique allows pyrethroid doses to be decreased with the same effectiveness. In 1984 however, coverage of the lower parts of the cotton plant was not sufficient to suppress homopters with the reduced doses imposed by this application method (80 g/ha profenofos).

1. Advantages and disadvantages of U.L.V. spraying

They are examined from two stand points :

- execution of the treatment,
- biological efficiency.

a) Execution of the treatment

There are many advantages : unnecessary water, decreased strenuousness and rapid execution allow a greater area to be timely covered. Also, the dose per ha is easily controlled.

But there are several constraints : dependence on the direction and strength of the wind, thermal ascent, even spray pattern resting on good condition of the equipment and battery.

Humanly speaking, the fact U.L.V. is easy to use often leads to several difficulties. Toxicity can also be a problem, especially since oil is often used with a mixture that is more concentrated than in conventional spraying : drops are smaller and more numerous and « drift » is systematically used : these are all hazards for the user.

U.L.V. supposes the existence of good monitoring services and motivated farmers since it is very difficult to spot the wrong technical execution of a treatment.

b) Biological effectiveness

Theoretically, the U.L.V. technique combines better distributed pesticide with higher adherence to the crop thanks to the multiplication of small-diameter droplets. However, drift makes leaf coverage less effective in the case of excessive vegetative mass. Droplet penetration is inferior when cotton plants are very developed and their lower parts are not reached.

In the Ivory Coast, it is admitted that mite control is less effective when cotton plants are very developed, whatever a.i. is used.

c) Conclusion

In the aggregate, extension of U.L.V. in French-speaking Africa made it possible to improve cotton protection by increasing the area sprayed and mean number of applications. Therefore, replacement of conventional spraying by U.L.V. is a irreversible phenomena that cannot possibly be questioned.

It should however be added that the enthusiasm about U.L.V. has slightly died down. This technique is not an innovation any more, it is widely used : farmers and monitoring services grew tired of it. Because U.L.V. is not strenuous, children in many villages do the treatments in adults places, with all the dangers inherent in such a transfer.

2. U.L.V. 1 l/ha

This innovation became necessary in Cameroon then in Chad for economic reasons : C.F.A. F 5,000 were saved in 1983 in a 7 to 8 application program.

Actually, the advantages of this technique are obvious in that field only :

- cheaper formulation thanks to the saving of solvent ; it is however impossible to use doses of active ingredients per hectare lower than in U.L.V. 3 l/ha.
- smaller transport costs (1 liter instead of 3 is transported and stored).
- saving of battery (5 per hectare sprayed in Cameroon throughout the season).

The advantages of U.L.V. 1 l/ha are less obvious in the following fields :

— for farmers, the technique is less strenuous but does not save time. In Cameroon, SODECOTON reckons it takes 36 to 42 minutes to spray one hectare with one pass every six rows. Toxicity is stronger for men and warm-blooded animals since droplets are smaller and insecticide contents higher. The amount of insecticide sprayed per hectare is the same but poisoning hazards are increased. Phytotoxicity poses more important problems with several active ingredients (dimethoate).

— for formulators, the characteristics of a good mixture (viscosity) are more difficult to obtain : more active ingredients are to be diluted in less solvent. Besides, several formulations are incompatible with U.L.V. 1 l/ha. In many cases, solvents are « harder » therefore more dangerous to use.

— for entomologists, plant coverage is theoretically better because the number of droplets is higher. In fact, the sprayer discs turn quicker and it is more difficult to match the amount of formulation sprayed to the vegetative development of the cotton plants. The insecticide molecules, whose doses are the same as in U.L.V. 3 l/ha, have at best an equivalent biological effectiveness.

U.L.V. 1 l/ha is a more delicate technique, especially in the case of vigorous cotton plants : it is difficult to respect the amount of formulation per hectare.

3. Possible improvement in the U.L.V. spraying technique

Plant coverage is the weak point of U.L.V. spraying. This defect can only be corrected by adapting the amount of formulation applied to the volume of vegetation (it is also possible to reduce the size of the cotton plants with growth regulators).

If the amounts of insecticides are to be modified according to the size of the canopy, easily available liquids must be used : cotton plant oil, water. Although logical, this solution is opposed to the interest taken today in U.L.V. 1 l/ha...

IV. APPLICATION PROGRAM

At the moment, application programs are pre-established according to the physiological evolution of the cotton plant in all the countries involved, out of safety, efficiency and logistics.

This supposes that the dynamics of pest populations is perfectly known, with their variations according to various factors : climate, cropping system, cultural techniques, variety planted...

1. Definition of the application program

It depends on the observations made on the physiology of the cotton plant, the biology and nuisances of the main pests and the characteristics of the a.i. applied.

The three elements of the program are as follows : starting date, number of and intervals between applications.

Starting date : it is presently defined as to protect the reproductive stage : buds, flowers and bolls. In some cases, other nuisances such as mite infestation or stinging-sucking insects are taken into account.

When bud damage is early, applications start on day 45 after sowing (or emergence). More southwards, in the countries where damage is later, applications start on day 60 or even 75-85, like in CAR.

Number of applications : it is determined by the duration of the useful reproductive stage (flowering-boll splitting cycle) and the profitability of the potential crop. The number of applications vary from 3 to 9, depending on the countries ; the mean annual number is 4 to 6.

It should be noted that the greatest number of applications is not observed in the countries where pest pressure is the highest ; it is found in the richest countries. Anyhow, mean insecticide consumption per hectare is very reasonable in Africa (12 l/ha in 1982) and can by no means give cause for worry to ecologists...

Interval between two successive applications

It depends on many factors :

— **physiology** : under tropical conditions the cotton plant grows 15 to 40 cm a week in early vegetation cycle during the most rainy months ; growth is much slower in late cycle. The tops of the plants must be sprayed since they harbour most of the pests.

— **biology** : the development cycle of lepidopters requires 25 to 35 days (from adult to adult). Larval stages, source of damage, last 15 to 18 days. In some pests like *H. armigera*, the volume increase of the last larval stages (L4 and L5) is such that the doses of active ingredients usually applied are not noxious any more.

Cycles are shorter for homopters : Jassids 10-12 days, *B. tabaci* 15-30 days and *A. gossypii* 3 days.

For many polyphagous pests, a continuous re-infestation occurs because of the environment : crops in the system, fallow lands or natural vegetation.

— **chemistry** : insecticide remanence is variable, 15 to 18 days for pyrethroids, 10 to 12 days on average for organophosphates (7 to 9 days for monocrotophos and 3 to 5 days for methyl parathion). These durations only have a mean indicative value. They are closely dependent on the application methods and environmental conditions : heat, moisture.

— **climate** : insecticide remanence is affected by the environment, either insidiously, by evaporation, or suddenly, when for instance rains make an application ineffective. In the second case however, part of the eggs are eliminated and insect pathogenes such as entomophagous fungi can develop.

For these reasons, the interval between two successive applications cannot exceed 14 to 15 days. In some countries, it is only 10-12 days or even 7 days.

The notion of overall amount of a.i. sprayed per hectare during the protection program should be examined. For instance, adopting a program of 9 to 10 applications every 7 days makes it possible to use decreased doses of a.i. as compared with a program of 5 applications every 14 days, without modifying the a.i./ha/season results.

2. Conclusion

Considering the demands of African environments, it is impossible to interrupt a chemical control program. Similarly, the intervals used as from the beginning cannot be changed.

For the same reasons, the use of warning systems still seems utopian : at the very most, the date of the 1st application can be delayed.

While the main pests (especially worms) reach relatively modest infestation levels, parasitic range is very wide and occasional pests can play a major role. Also, re-infestation due to natural vegetation is permanent. All these reasons justify a pre-determined chemical control program ; they make understandable the reason why it is necessary to favour the use of a.i. or combinations of a.i. with a broad spectrum of control, at low or moderate doses.

Regionalizing the information known on pests, as in the Ivory Coast, is the only way of using more specific a.i. at lower doses with a better effectiveness.

V. INTRODUCTION OF THE BIOLOGICAL AID IN PROTECTION PROGRAMS

Three aspects of biological control are used : biological agents, pheromones and resistance varietal traits. Although very different in their mode of intervention, these control means have two major characteristics : in most cases, they can just be used in farming systems where cotton is only one element ; besides, they can seldom protect the cotton plant alone ; other means must be used, such as chemicals, cultural techniques, prophylaxis...

1. Biological agents : entomophagous insects and entomopathogenes

Practically speaking, biological agents only give results likely to be put into common use in the case of lepidopter

larvae. Regarding entomophagous insects, there are oophagous parasites, the most well-known of which belong to the *Trichogrammatidae* family. They can live as parasites on the eggs of most cotton lepidopters ; nymph parasites can settle on either *S. derogata* and *C. leucotreta* (*Tetrastichus atriclavus*) or *E. insulana* and *biplaga* (*Trichospilus diatraeae*).

As far as entomopathogenes are concerned, many Baculoviruses have been identified and isolated on most bollworms : *H. armigera*, *D. watersi*, *C. leucotreta*. Besides, viruses with a broad spectrum of activity produced on an industrial scale can be used : nuclear polyedrose virus of *Mamestra brassicae* active on *H. armigera*, *D. watersi* and *S. littoralis* or nuclear polyedrose

virus of *Autographa californica* active on the same three worms as well as on *P. gossypiella*.

As far as bacteria are concerned, *Bacillus thuringiensis* possesses several serotypes that are active on various worms : *Cosmophila flava*, *Earias* spp...

After several years of field or laboratory experimentation, it seems that these biological agents can only be used as complements to chemical control with one of the following objectives :

- reduce the doses of insecticide active ingredients and suppress them in some cases since the pyrethroid can be replaced in the formulation by a viral insecticide to control *H. armigera*,

- increase the effectiveness of the insecticide molecules applied. This is obtained with decreased pyrethroid doses and virus of *M. brassicae*,

- reduce the number of chemical applications, for instance by releasing entomophagous insects in early vegetation or on the previous crop (*T. atriclavus* on corn in Togo).

- eliminate some pests which are not suppressed by the chemical program used : for instance *B. thuringiensis* and *C. flava*. The advantage of entomopathogenes is that they can be associated with chemical control throughout the protection program. However, there are two practical problems : their specificity and applicability. Most often the viral strain used only attacks one lepidopteran species. That is why it is relevant to use broad spectrum viruses or increase the spectrum of control by adding an insecticide capable of weakening pests. When field application takes place, the virus can lose part of its effectiveness because of various external factors : temperature, moisture, light (ultraviolet). Consequently, their formulation plays a major role.

2. Pheromones

Although synthetic sexual attractives are nowadays operational for almost all the lepidopters damaging cotton

fruiting points, the use of pheromones has not yet given concrete results for cotton protection. The range of pheromones is complete now thanks to various initiatives. Three pheromones are marketed : gossypure of *P. gossypiella* by Albany, pheromone of *S. littoralis* and *H. armigera* by Montedison. In addition, the I.N.R.A. laboratory of chemical transmitter substances has successively developed in collaboration with I.R.C.T. the chemical attractives of *C. leucotreta*, *H. armigera*, *E. insulana*, *E. biplaga* and *D. watersi*. Specialists have adapted for each species the most appropriate types of traps for tropical conditions.

However, these findings have not led to practical achievements in cotton pest control. Adult trapping has so far only allowed to orientate chemical programs in the best case. The relation between the number of butterflies trapped and the pest populations in the field is not clear ; it is even less obvious with the damage done by the pests in question.

3. Varietal resistance characters

Their study and use is a long-term task often incompatible with the short or medium term objectives of our specialists. Some characters of direct or morphological varietal resistance have always been used, such as pilosity against Jassids. Others are observed but their mechanism has not been made clear : a varietal resistance to *P. latus* is noticed but not controlled.

Because of the importance of honeydews, the interest in the okra leaf character has recently revived ; it is now being introduced in many breeding programs against *A. gossypii* and *B. tabaci*.

The internal or physiological resistant characters which are studied in some countries are not in our stations (varieties with high gossypol or tannin contents for instance).

VI. REDUCTION IN COSTS

The protection programs recommended today in these countries are selected according to criterions of profitability by the Development Societies in charge of the cotton line : the increase in production obtained by pest control must offset the expenses involved by chemical control. However, it seems that the managers of these Cotton Societies want lower costs with unchanged effectiveness.

Reducing the cost of an insecticide protection means cutting the expenses entailed by one or several of the three factors constituting the protection program :

- insecticide active ingredients,
- number of applications,
- application technique.

1. Active ingredients

We shall eliminate savings due to the formulation itself outside the constituent active ingredients. Savings on the elements of U.L.V. formulations may lead to ill-adapted mixtures, deficient stability or difficult storage. It would obviously be interesting to indicate in competitive biddings not only the origin of the active ingredients but also that of the formulations, which is not usually done yet.

Therefore, reducing the costs due to the active ingredients sprayed means either using cheaper molecules or recommending lower doses. This may question the type of protection program which is usually advised.

The formulative association, comprising two or three active ingredients recommended throughout the season, would be replaced by treatments aimed on one target pest. This method saves the unnecessary active ingredient. For instance, at the beginning of the vegetative cycle, mites are the only visible pests : what is the point of using a combination of pyrethroid-acaricide instead of an acaricide alone ? The same is true to control homopters producing honeydew in late cycle : why not use an organo-phosphate alone ?

Alternating pyrethroids, which are more remanent than organo-phosphates, saves the first a.i. when a binary mixture of pyrethroid-organophosphate is alternated with an organophosphate alone in a weekly application program (ex. : Cameroon).

Reductions in the doses of a.i. applied combined with increases in the number of applications gave results in Chad and show that the overall amount of insecticides used per hectare throughout the season can be lowered. For instance, a program of 10 applications every 7 days of deltamethrin-triazophos (4-75 g/ha) is equivalent to 5 applications every 14 days of the same molecules at 10-250 g/ha. At the end of the program, 10 g deltamethrin (20 %) and 500 g triazophos (40 %) are saved. This experiment, carried out with conventional sprayers in a station, should be conducted on a large-scale with U.L.V. to remain meaningful.

The doses of active ingredients used in early cycle can also be reduced to be adapted to the volume of vegetation.

This is intuitively applied in many countries but rarely leads to insecticide savings since the last treatments are done with doses exceeding the average.

2. Number of applications

Under the conditions prevailing in Africa, it is admitted that a protection program, once started, cannot be interrupted because of multiple pests and reinfestation, which is always possible and made easier since the area of natural vegetation surpasses the area planted.

That is why the number of applications can only be reduced by delaying the starting threshold (except for longer intervals between successive applications, as mentioned in Chapter 4).

Protection programs frequently start when parasitism is non-existent : excessive rains, slow physiological development of the cotton plant, absence of the pests expected in early cycle. The date of the first application can be modified according to parasitic countings (population of adults, larvae or eggs) or estimates of the damage with a predetermined threshold of noxiousness.

However, this technique requires the monitoring services be widely experienced in the major pests and present in the field, which is rarely the case in the countries concerned. Practically speaking, postponing the starting date of the program can only save one application, exceptionally two. In many cases (slow physiological development of the cotton plant), the application saved is done in late cycle and the total number of applications is the same.

The number of applications can be reduced by adapting cultural techniques. In Ivory Coast for instance, late sowing suppresses mite infestation and reduces the incidence of *C. leucotreta* while *P. gossypiella* and *H. armigera* prove more important. In the aggregate, this technique seems positive since early sowing would develop the damage done by *P. latus* and *C. leucotreta* and decrease that due to *H. armigera* but the risk of boll rots would be seriously increased.

Another possible solution is to shorten the vegetative cycle by using growth regulators (Pix from BASF has given promising results).

3. Application technique

We saw in chapter III that the development of U.L.V. 1 l/ha was mainly due to the financial savings allowed.

There are however other ways of reducing treatment costs using the application technique : one of them is U.L.V. with water. Tests have been conducted in Mali with fenvalerate in soluble paste and Berthoud equipment using 4.5 liters of mixture per hectare. Despite the risk of droplet evaporation, the biological effectiveness was comparable to that of standard U.L.V. A similar experiment has been carried out in Ivory Coast with the same active ingredients at 4 l/ha.

Theoretically, electrodynamic spraying can also be more economical : the doses used are lower than those of U.L.V. 0.5 and 0.75 l/ha.

Furthermore, the a.i. are as effective as in U.L.V. for much lower doses (20 g. ha cypermethrin are equivalent to 36 g. ha in Cameroon in 1983). Unfortunately, this technique, which has not been tested in 1984 in Mali but only in Ivory Coast, has limits, as defined in the Chapter « Application methods ».

4. Conclusion

All the solutions offered to lower the costs of pesticide applications without reducing their effectiveness require plant protection problems be better understood : improved understanding of parasitism (identification and biology of the pests having an economic incidence), better use of control techniques (the most adapted a.i. and application methods depending on the pests involved). So far, protection is achieved by farmers guided by monitoring services. It is quite clear now that monitoring workers are more administrators than field technicians. They overlook the fundamentals of plant protection and do not know the various pests, their biology and nuisances. In order to lower the costs of cotton pest control without altering its effectiveness, investments will first have to be put on field monitoring. Pesticide saving requires protection program managers be better trained.

Is it still possible to train monitoring workers or is it better to train farmers ? As far as equipment is concerned, farmers improve their knowledge. Also, their motivation increases with their technical skill, and they will in some countries be soon capable of taking over since they are, after all, the first persons concerned.

VII. GENERAL CONCLUSIONS

The effect of cotton pest control as carried out in sub-Saharan French-speaking Africa is widely positive. Despite the large number and variety of pests, nuisances are reduced to a minimum and a satisfactory productivity is obtained with a mean insecticide consumption below 15 l/ha in 1984.

It is in fact a rational control including various factors : the beginning of the cotton cycle is protected thanks to the use of Jassid tolerant hairy varieties.

The chemical program of 4 to 6 applications on average (3 to 9) starts on day 45 after emergence at the earliest, most often on day 60 and in some cases around days 75-80. At the end of the cycle, plant burning is recommended to the farmers who are often long in taking this important prophylactic measure.

Although the biological aid has not been introduced in protection programs yet, tests conducted for about 20 years show that these techniques might be associated with chemical insecticides in the future, reducing thus the amounts required.

Thanks to the recommendations made by I.R.C.T. experts, the protection programs used until now have rarely failed :

- no case of loss of a.i. effectiveness,
- no visible disruption of the fauna associated with the cotton plant, except pullulations of homopters in late cycle in some areas,
- no serious pollution or intoxication thanks to the use or relatively safe insecticide molecules these last few years.

It should however be stressed that the effective cotton pest protection obtained today in the field is due to the association of U.L.V. and pyrethroids.

Thanks to U.L.V., almost all the area planted has been easily sprayed according to the program decided upon.

Pyrethroids readily suppress fruiting point worms which often are, economically speaking, the most important pests.

Unfortunately, these two innovations which have been introduced during the last decade are not flawless.

When U.L.V. is not properly used, especially at 1 l/ha, plant coverage is not total; the bottom of rank cotton plants is not always sprayed and pests such as homopters or mites can multiply.

Pyrethroids do not control many pests: leafworms, homopters, mites.

It is therefore necessary for the future to pinpoint and offset these deficiencies in order to avoid new middle-term problems.

To use U.L.V., especially at 1 l/ha, it is indispensable to check the effectiveness of the applications and adapt the amount of formulation to the vegetative development of the cotton plants. It is also dangerous to use pyrethroids alone throughout the protection program and adding an organophosphate proves almost always necessary.

Development Companies are not always willing to accept these additional expenses. Scientists have to show them they are relevant through simple experiments conducted in farmer's fields.

RESUMEN

La protección del algodón contra sus plagas en El África francófona subSahariana ha considerablemente progresado estos últimos veinte años (el 84 % de las superficies fueron protegidas en 1983-1984).

La evolución de las técnicas y las reglas seguidas están expuestas: materias activas insecticidas, métodos de aplicación, pro-

grama de intervención, introducción de la lucha biológica, reducción del coste de la protección.

El balance parece ser muy satisfactorio: aumento de los rendimientos de algodón-rama (superiores a una tonelada), protección adecuada adaptada a las posibilidades de los agricultores, consumo limitado de insecticidas. Se trata de un ejemplo positivo de lucha racional.